بسم الله الرحمن الرحيم

جامعة سنار

كلية التربية

قسم الفيزياء والرياضيات

الفصل الدراسي الثالث عام

محاضرات في /

الكهربية

اعداد أ /

الصديق محمد سليمان

2014م

بسم الله الرحمن الرحيم

الكهربية الساكنة

توجد الأجسام في الطبيعة على نوعين من حيث الشحنة فمنها ما هو موجب الشحنة ومنها ما هو سالب الشحنة وذلك لان أصغر وحدة في بناء المواد هي الذرة التي يوجد بها نوعين من حاملات الشحنة البروتون ذو الشحنة الموجب(1.6×10^{-19}) والإلكترون ذو الشحنة السالبة ($-1.6 \times 10^{-19} C$) كما توجد بها النيترونات متعادلة الشحنة كما انه في تفاعلات المواد وترابطها مع بعضها يصبح بعضها ايونات موجبة والأخر ايونات سالبة وفي دراسة أنواع التفاعلات وتعاملات المواد ذات الشحن المختلفة والمتشابهة وجد أن ((المواد ذات الشحنات المختلفة تتجاذب وذات الشحنات المتشابهة تتنافر)) وبطبيعة انتقال الشحنات تصنف الكهربية إلى نوعين كهربية ساكنة وكهربية تياريه ومن أفضل الدراسات في مجال الكهربية الساكنة في القرون السابقة اكتشافات العلماء كولم واوم وفاراداى واورستد وغيرهم.

قانون كولوم:

((القوة الكهروستاتيكية بين شحنتين نقطيتين في وسط ما تتناسب طرديا مع حاصل ضرب كل من مقدار الشحنتين وعكسيا مع مربع المسافة بين الشحنتين.))

ورياضيا يكتب القانون:

$$F \quad \alpha \quad q_1 q_2$$

$$F \quad \alpha \quad \frac{1}{r^2}$$

$$F \quad \alpha \quad \frac{q_1 \; q_2}{r^2}$$

$$F \; = \; K \frac{q_1 \;\; q_2}{r^2}$$

حيث K تمثل ثابت كولوم وهو يختلف من وسط لأخر وقيمته في الفراغ $K \; = \; 9 \times 10^9$ ووحدته $N.m^2/c^2$ ووجد معمليا انه يساوي $K \; = \; 1/4\pi\epsilon_o$

السماحية الكهربية(ϵ) Permittivity:

((هي مدى سماحية الوسط لمرور خطوط المجال الكهربي من خلاله وقيمتها في الفراغ))

$$\epsilon_o = 8.85 \times 10^{-12} \; C^2/N.m^2$$

$$F = \frac{q_1 \; q_2}{4\pi\epsilon r^2}$$

تنبيه:بما أن القوة الكهربية كمية متجهه فإنها تحدد تحديدا تاما بمقدارها واتجاهها فالمقدار يحدد بالعلاقة السابقة أما الاتجاه فيكون دائما على الخط الواصل بين الشحنات على حسب قوى التنافر أو التجاذب كما في الشكل

<u>مثال (1)</u> :

أحسب القوة الكهروستاتيكية بين الشحنتين $q = +6\ \mu c \;\; \& \;\; q_1 = -9\ \mu c$ إذا كانتا موضوعتان في الفراغ والمسافة بينهما 30cm ثم بين نوعها.

$$F = K \frac{q_1 \; q_2}{r^2}$$

$$q_1 = -9\ \mu c = -9 \times 10^{-6}\ c \;\&\; q_2 = 6\ \mu c = 6 \times 10^{-6}\ c$$

$$\mathrm{r} = 30cm = 3 \times 10^{-1}\ m \;\&\; K = 9 \times 10^9\ N.m^2 / c^2$$

$$F = \frac{9 \times 10^9 \times (-9 \times 10^{-6}) \times 6 \times 10^{-6}}{(3 \times 10^{-1})^2}$$

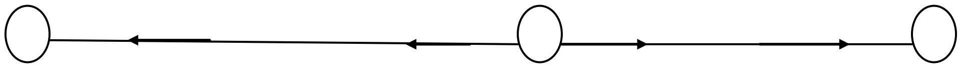
$$F = -54 \times 10^{-1} = -\frac{54}{10} = -5.4\ N$$

بما انها قوة سالبة إذا هي قوة تجاذب

<u>مثال(2) :</u>

الشكل أدناه ثلاث شحنات أحسب مقدار وأتجه القوة المؤثرة على الشحنة q_2 إذا كانت الأبعاد 15&20cm بالترتيب

$q_1 = -4\ \mu c$ $\qquad$ $q_2 = 3\mu c$ $\qquad$ $q_3 = -7\mu c$



أولا تأثير الشحنة q_1 على الشحنة q_2 هي F_{12}

$$F_{12} = \frac{Kq_1q_2}{r^2} = \frac{9\times10^9\times(-4\times10^{-6})\times3\times10^{-6}}{(2\times10^{-1})^2}$$

$$F_{12} = -27\times10^{-1} = -2.7\ N$$

ثانيا تأثير الشحنة q_3 علي q_2 وهي F_{23}

$$F_{23} = \frac{Kq_3q_2}{r^2} = \frac{9\times10^9\times(-7\times10^{-6})\times3\times10^{-6}}{(15\times10^{-2})^2}$$

$$F_{23} = \frac{-21\times10}{25} = -8.4\ N$$

نلاحظ أن خط عمل هذه القوى واحد لكنها في اتجاهين متعاكسين لأنهما قوتا تجاذب

$$F = F_{23} - F_{12} = -8.4 + 2.7 = -5.7\ N$$

مثال (3):

جد النسبة بين القوة الكهروستاتيكية F_e وقوة الجاذبية F_g بين إلكترونين وضعا في الفراغ علما بان كتلة الالكترون $m = 9.11\times10^{-31}Kg$ وشحنته $e = 1.6\times10^{-19}c$ وثابت الجاذبية

$G = 6.67\times10^{-11}Nm^2/kg^2$ وثابت كولوم $K = 9\times10^{9}Nm^2/c^2$

$$\frac{F_e}{F_G} = K\frac{q^2}{r^2}\div\frac{Gm^2}{r^2}$$

$$\frac{F_e}{F_G} = K\frac{q^2}{r^2}\times\frac{r^2}{Gm^2}$$

$$\frac{F_e}{F_G} = \frac{9\times10^9\times(1.6\times10^{-19})^2}{6.67\times10^{-11}(9.11\times10^{-31})^2} = 41.5\times10^{41}$$

أي أن القوة الكهروستاتيكية أكبر من قوة الجاذبية الأرضية بالنسبة الموضحة في الإجابة أعلاه والعدد 41×10^{41} يسمى عدد ديراك السحري والذي لاحظ أيضا أن:

نسبة عمر الكون إلى أصغر زمن في الكون = هذا العدد

نسبة قطر الكون إلى قطر الإلكترون = هذا العدد ولهذه الأسباب يسمى بالعدد السحري

H. W

(1) ثلاث شحنات مقدارها $10\mu c$ ، $-10\mu c$ ، $-5\mu c$ موضوعة في خط مستقيم على الترتيب أحسب مقدار واتجاه القوة المؤثرة على الشحنة الثانية الواقعة في منتصف المسافة بين الشحنتين إذا كانت المسافة بين الشحنتين الأولى والثالثة $200cm$.

(2) وضعت ثلاث شحنات كهربية قيمها $2\mu c$ & $4\mu c$ & $8\mu c$ على رؤوس مثلث قائم الزاوية ضلعيه غير الوتر 3 & $4cm$ جد القوة التى تؤثر بها كل من القوة على بعضها

المجال الكهربي

((هو القوة الكهربية التي تؤثر بها شحنة على وحدة الشحنات الموجبة (شحنة الاختبار) الموجودة في تلك المنطقة.))

فإذا رمزنا لوحدة الشحنات بـ q_o يكون قانون المجال

$$E = \frac{F}{q_\circ}$$

وبتطبيق قانون كولوم فإن القوة بين الشحنتين

$$F = K\frac{q_1 \ q_2}{r^2} \Rightarrow E = \frac{F}{q_\circ} = K\frac{q}{r^2}$$

وإذا كانت موضوعة في الفراغ

$$E = \frac{q}{4\Pi\epsilon_\circ r^2}$$

الفيض الكهربي ($\emptyset$):

هو عدد خطوط القوة الكهربية المارة خلال مساحة ما

كثافة الفيض الكهربي: (D)

هي عدد خطوط القوة الكهربية التي تمر عموديا عبر سطح مساحته وحدة المساحة

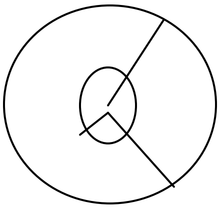
ووحدة كثافة الفيض الكهربي هي خط/متر مربع

فبنهاية القرن التاسع عشر اكتشف فراداي تجريبيا إذا كانت لدينا شحنة كهربية موجبة كبيرة داخل طبقة وبالمقابل إذا وضعنا شحنة سالبة كبيرة خارج الطبقة وهذا يقود إلى تناسب مباشر بين الفيض الكهربي والشحنة الكهربية داخل الطبقة . فإذا رمزنا للفيض الكهربي بالرمز $\emptyset$ وللشحنة الكلية بـــ Q فمن قانون فراداي التجريبي $Q = \emptyset$ ويمكن ان نعرف a نصف قطر الطبقة الداخلية وb نصف قطر الطبقة الخارجية للشحنات Q و-Q بالترتيب لذلك خطوط الفيض التي تمر من طبقة إلي أخرى يشبه تماما توزع خطوط أنصاف الأقطار من طبقة إلى أخرى

إذاً خطوط الفيض الناتجة من الشحنة تتوزع بانتظام على مساحة قدرها $4\pi\ a^2$ للطبقة الداخلية وللطبقة الخارجية $4\pi\ b^2$ ولذلك كثافة خطوط الفيض D لكل مساحة هي

$$D = \frac{Q}{4\pi\ a^2}$$ للطبقة الداخلية $$D = \frac{Q}{4\pi\ b^2}$$ للطبقة الخارجية

وعند نصف قطر r حيث $a \leq r \leq$



$$D = \frac{Q}{4\pi\ r^2}$$

بمقارنة هذه المعادلة بمعادلة المجال الكهربي نجد

$$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_\circ\ r^2}$$

$$D = \epsilon_\circ E$$

وهي للفراغ الحر فقط

مثال (1) :

شحنة نقطية قدرها $q = 50\ Nano\ C$ موضوعة في الفراغ جد الاتي:

(أ)شدة المجال عند نقطة تبعد عنها $30\ cm$

(ب)القوة المؤثرة على شحنة مقدارها $40\ Nano\ C$ وضعت عند تلك النقطة

(ج) القوة المؤثرة علي شحنة $-40 Nano\ C$ عند تلك النقطة عند غياب الشحنة الثانية

Solution

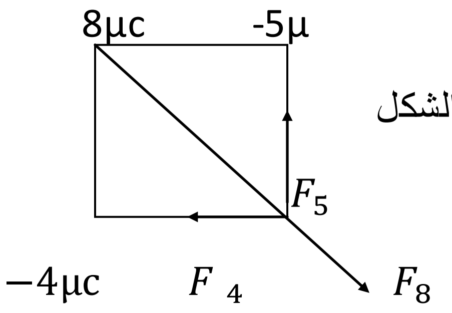
$$E = Kq/r^2$$

$$\frac{(9\times 10^{9})\times 5\times 10^{-8}}{(0.3)^2} = 5\times 10^3 = 5KN/C$$

(ب) $$F = Eq = 5\times 10^{3}(4\times 10^{-8}) = 2\times 10^{-4}N$$

(ج) $$F = Eq = 5\times 10^{3}(-4\times 10^{-8}) = -2\times 10^{-4}N$$

مثال(2):



ثلاثة شحنات موضوعة عند أركان المربع كما في الشكل

إذا كان طول ضلع المربع0.3m جد

(أ) مجال الشحنات الثلاثة في الركن الخالي

(ب) ما هو مقدار القوة المؤثرة على شحنة 6μC موضوعة عند الركن الرابع

الحل

$$E_4 = \frac{K\,q_4}{r^2} = \frac{9\times 10^{9}\times 4\times 10^{-6}}{(0.3)^2} = \frac{36\times 10^{3}}{9\times 10^{-2}}$$
$$= 4\times 10^{5}\,N/C$$

$$E_5 = \frac{K\,q_4}{r^2} = \frac{9\times 10^{9}\times 5\times 10^{-6}}{(0.3)^2} = \frac{5\times 9\times 10^{3}}{9\times 10^{-2}}$$
$$= 5\times 10^{5}\,N/C$$

بالنسبة ل E_8تكون لها مركبتان في إتجاه X وفي اتجاه Y

$$(E_8)_x = E_8\cos\theta = \frac{K\,q_8}{r^2}\cos45 = \frac{9\times 10^{9}\times 8\times 10^{-6}}{\sqrt{(0.18)^2}}\times\frac{1}{\sqrt{2}}$$
$$= \frac{72\times 10^{3}}{18\times 10^{-2}}\times\frac{1}{1.4} = 2.86\times 10^{5}\,N/C$$

$$(E_8)_y = E_8\sin\theta = \frac{K\,q_8}{r^2}\sin45 = \frac{9\times 10^{9}\times 8\times 10^{-6}}{\sqrt{(0.18)^2}}\times\frac{1}{\sqrt{2}}$$
$$= \frac{72\times 10^{3}}{18\times 10^{-2}}\times\frac{1}{1.4} = 2.86\times 10^{5}\,N/C$$

$$E_x = (E_8)_x - E_4 = (2.86-4)\times 10^5 = -1.4\times 10^5\,N/c$$

$$E_y = E_5 - (E_8)_y = (5-2.86)\times 10^5 = 2.14\times\frac{10^5\,N}{c}$$

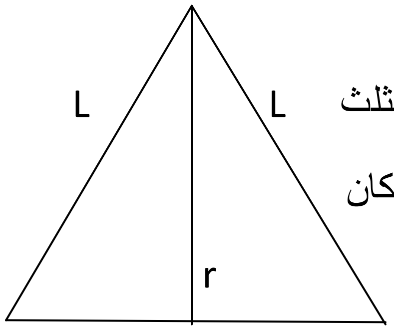
$$E = \sqrt{(E_x)^2 - (E_y)^2}$$

$$E = \sqrt{(-1.4 \times 10^2)^2 + (2.14 \times 10^5)^2} = 2.42 \times 10^5 \, N/C$$

لحساب القوة المؤثرة على شحنة موضوعة في الركن الخالي

$$F = qE = 6 \times 10^{-6} \times 2.42 \times 10^5 = 1.452 \, N$$

<u>مثال (3)</u>



أحسب المجال الكهربي وحدد اتجاهه عند النقطة a نقطة رأس المثلث

كما في الشكل إذا كانت $q = 5 \times 10^{-6} \,\&\, r = 0.3m$ إذا كان

المثلث متساوي الساقين والشحنة q عند نهاية القاعدة اليمنى

والشحنة 2q عند نهاية القاعدة اليسرى

أولا نحسب بعد a عن النقطتين

$$L = (\frac{1}{2} r)^2 + r^2 = \frac{5}{4} r^2$$

لحساب المجال المؤثرة به الشحنة الأولي على النقطة a

$$E_1 = \frac{Kq_1}{r^2} = \frac{Kq}{L^2} = \frac{Kq}{\frac{5}{4} r^2} = \frac{4Kq}{5r^2}$$

لحساب المجال المؤثرة به الشحنة الثانية على النقطةa

$$E_2 = \frac{Kq_2}{r^2} = \frac{2Kq}{L^2} = \frac{2Kq}{\left(\frac{5}{4}\right) r^2} = \frac{8Kq}{5r^2}$$

وبتحليل المجالين على المحورين $x\&Y$

$$E_{1y} = E_1 \cos\theta \,\&\, E_{1x} = E_1 \sin\theta$$

$$E_{2y} = E_2 \cos\theta \,\&\, E_{2x} = E_2 \sin\theta$$

من تحليل المتجهات نجد

$$E_x = E_{2x} - E_{1x} = (E_2 - E_1) sin\ \theta = (\frac{8Kq}{5r^2} - \frac{4Kq}{5r^2}) \sin\theta$$

$$\sin\theta = \frac{\frac{1}{2}r}{\frac{\sqrt{5}}{2}r} = \frac{1}{\sqrt{5}}$$ لكن من المثلث

$$\cos\theta = r/\frac{\sqrt{5}}{2}r = \frac{2}{\sqrt{5}}$$ وبالمثل

$$E_x = \left(\frac{8Kq}{5r^2} - \frac{4Kq}{5r^2}\right)\frac{1}{\sqrt{5}} = \frac{4Kq}{r^2(\sqrt{5})^3}$$

$$E_y = E_{1y} + E_{2y} = (E_2 + E_1)\cos\theta = \left(\frac{8Kq}{5r^2} + \frac{4Kq}{5r^2}\right)\cos\theta$$

$$E_y = \left(\frac{8Kq}{5r^2} + \frac{4Kq}{5r^2}\right)\frac{2}{\sqrt{5}} = \frac{24Kq}{r^2(\sqrt{5})^3}$$

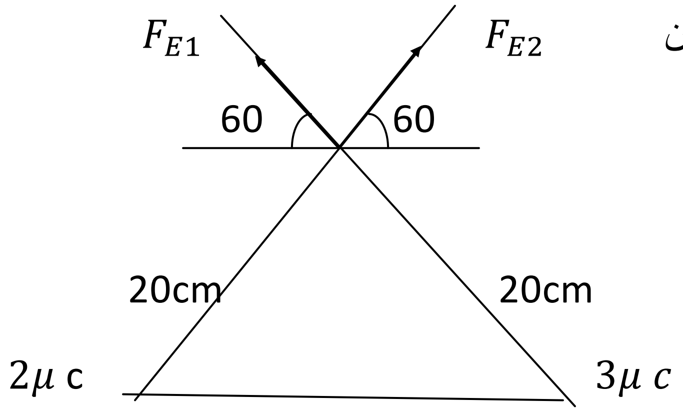
$$E^{\,2} = E_x^2 + E_y^2 = \left(\frac{4Kq}{r^2(\sqrt{5})^3}\right) + \left(\frac{24Kq}{r^2(\sqrt{5})^3}\right)$$ ولحساب المحصلة

$$E^2 = \frac{(16+576)K^2q^2}{125\,r^4} \Rightarrow E = \frac{2.176Kq}{r^2}$$

$$E == \frac{2.176 \times 9 \times 10^9 \times 5 \times 10^{-6}}{(0.3)^2} = 10.88 \times 10^5 N/C$$

H.W

(1) الشحنات المبينة في الشكل التالي ساكنة أحسب القوة المؤثرة على شحنة4μc نتيجة الشحنتين الاخرتين



(2) احسب شدة المجال الناتجة عن شحنة 8Nano عند نقطة تبعد عنها 2cm ثم جد القوة المؤثرة بها على شحنة مقدارها 4μC موضوعة عند تلك النقطة

الجهد الكهربي

كل جسم مشحون موجود في مجال كهربي له طاقة كهربية تنتج عن الشغل المبذول واللازم لتحريك الجسم وهذا الشغل يتحول إلي طاقة حركة إذا ترك الجسم المشحون حرا((كفصل شحنتين متجاذبتين أو تقريب شحنتين متنافرتين في عكس اتجاه المجالات الكهربية)) فإذا وضعنا شحنة$q_\circ$ في مجال كهربي تكون القوة المؤثرة عليها= F_e $q_\circ E$ وإذا أثرنا عليها بقوة خارجية مقدارها F سوف تتحرك في اتجاه محصلة القوتين $F_e\&F$ فإذا كانت الإزاحة التي تتحركها الشحنة dlفإن الشغل المبذول

$$dW \;=\; Fcos\theta dl \rightarrow (1)$$

حيث θهي الزاوية المحصورة بين F &dl ويكون الشغل المبذول لنقل الشحنة من نقطة A إلى B هو

$$W \;=\; \int_A^B F\cos\theta dl \rightarrow (2)$$

ويمكن تمثيل هذا الشغل بطاقة الوضع لان الشحنة عندB اكتسبت هذه الطاقة ولو تركت حرة لعادة إلى A بطاقة حركية . ويرمز لطاقة الوضع بـP ((Potential Energy))

$$P \;=\; -\int_A^B q_\circ E\cos\theta dl \rightarrow (3)$$

لأنه عند هذه النقطة $F \;=\; q\;E$وإشارة السالب تعنى ان الحركة في عكس إتجاه المجال

ويتضح أن طاقة الوضع تأخذ أكبر قيمها عندما يكون اتجاه المجال E في اتجاه الإزاحة

$\theta = zero$ في حين تكون $P = zero$ عندما تكون E عموديا على الإزاحة$(\theta = 90)$

فرق الجهد بين نقطتين:

عبارة عن الشغل المبذول لنقل وحدة الشحنات الموجبة بين النقطتين في عكس اتجاه المجال

((أو هو النسبة بين طاقة الوضع الكهربي وشحنة الاختبار الموجبة))

$$V_{AB} = {}^{P}\!/_{q_\circ}$$

$$V = -\frac{q_\circ}{q_\circ}\int_A^B E\cos\theta dl = -\int_A^B E\cos\theta dl \rightarrow (4)$$

$$V_B - V_A = -\int_A^B E\cos\theta dl \rightarrow (5)$$

وإذا كانت نقطة البداية في ما لانهاية$(A \rightarrow \infty)$ فإن $V = 0$ ولذلك فإن الجهد عند B

$$V_B = -\int_A^B E\cos\theta dl \rightarrow (6)$$

ولما كانت B أي نقطة في المجال الكهربي فإنه من الأنسب عدم كتابة حدود التكامل

$$V = -\int E\cos\theta dl \rightarrow (7)$$

ولذلك يعرف الجهد الكهربي عند نقطة ما:

هو الشغل الذي تبذله الشحنة عندما تنتقل من ما لانهاية إلي هذه النقطة عكس اتجاه المجال

وبتفاضل المعادلة (7) نجد

$$dV = -Edl$$

$$E = -\frac{dV}{dl} \rightarrow (8)$$

وهو يسمي بتدرج الجهد ووحدة الجهد هي الفولت لذلك فإن وحدة المجال هي الفولت/متر

ومن العلاقة $V_{AB} = P_{AB}/q_\circ$ نجد أن وحدة الجهد هي جول/كولوم

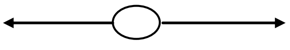
$$1Volt = 1Joule/1\ coulomb$$

ومن وحدات الشغل **الإلكترون فولت**:

هو الشغل المبذول لنقل وحدة الشحنات بين نقطتين فرق الجهد بينهما 1 فولت

$$1electron\ volt = 1.6 \times 10^{-19}\,Coulomb \times 1volt$$

الجهد الكهربي لشحنة نقطية:

نفترض أن الشحنة q والنقطتان $A\&B$ واقعة على إستقامة A  B

$$V_B - V_A = -\int_A^B E\cos 180 dl = -\int_A^B E dl = -\int_{r_A}^{r_B} E dr$$

وتعني (-) أن تزايد dl يعاكس تزايد dr التي تبدأ من الشحنة q ولكن بالنسبة للشحنة المنفردة

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_\circ} \times \frac{q}{r^2}$$

$$\Rightarrow V_B - V_A = -\frac{q}{4\pi\epsilon_\circ}\int_{r_A}^{r_B}\frac{dr}{r^2} = \frac{q}{4\pi\epsilon_\circ}\left(\frac{1}{\mathrm{r_B}} - \frac{1}{\mathrm{r_A}}\right)$$

نفرض أن $(r \to \infty)$ وعندها لايكون للشحنة أي تأثير كهربي أي ان الجهد على مسافة كبيرة جدا من q يساوي صفرا

$$V_B = \frac{1}{4\pi\epsilon_\circ} \times \frac{q}{r}$$

بما أن B أي نقطة يمكن كتابة المعادلة في الصورة

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_\circ} \times \frac{q}{r} \to (9)$$

أما إذا كانت لدينا عدة شحن تكون المعادلة في الصورة

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_\circ}\sum_n \frac{Q_n}{r_n} \to (10)$$

ومن المعادلات السابقة نستنتج

$$V = Er$$

<u>مثال(1):</u>

في الفراغ $2\ cm$ على نقطة تبعد عنها $8\mu C$ جد الجهد الكهربي المبذول من شحنة مقدارها

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_\circ} \times \frac{q}{r} = \frac{Kq}{r} = \frac{9 \times 10^9 \times 8 \times 10^{-6}}{0.02} = 36 \times 10^5 Volt$$

مثال (2):

شحنة مقدارها 3×10^{-9} تحركت من النقطة a إلىb في خط مستقيم مسافة قدرها 0.5m في مجال منتظم شدته 200N/c أحسب القوة المؤثرة علي الشحنة وفرق الجهدV

Solution

$$F = qE = 3\times10^{-9}\times200 = 6\times10^{-7}N$$

الشغل الذي يبذله المجال

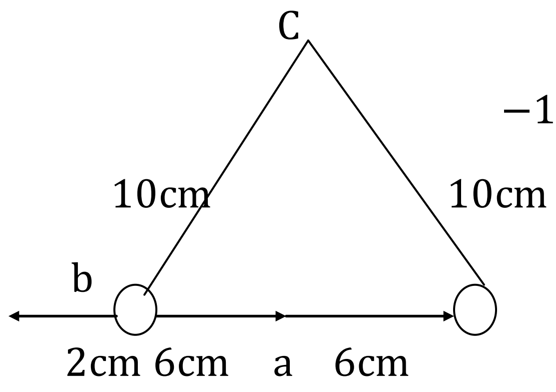
$$W = Fd = 6\times10^{-7}\times0.5 = 3\times10^{-9}J$$

$$V_{ab} = \frac{W}{q} = \frac{300\times10^{-9}}{3\times10^{-9}} = 100V$$

أو بالطريقة الآتية:

$$V_{ab} = V_a - V_b = Ed = 200\times0.5 = 100V$$

مثال(3)



نقطتان شحنتاهما $12\times10^{-9}C$ & $-12\times10^{-9}C$

كما في الشكل بينهما مسافة 10 cm أحسب

(أ) الجهد عند النقاط a,b,c

(ب)طاقة الوضع لشحنة $4\times10^{-9}C$ موضوعة عند النقاط a,b,c

من المعادلة (10)الجهد الناتج عند a

$$V_a = \frac{1}{4\pi\epsilon_\circ}\sum_n \frac{q_n}{r_n} = 9\times10^9\left[\frac{12\times10^{-9}}{0.06} - \frac{12\times10^{-9}}{0.04}\right]$$

$$V_a = 9\times10^9[2\times10^{-7} - 3\times10^{-7}] = -900V$$

لحساب الجهد عند النقطة b

$$V_b = \frac{1}{4\pi \in_\circ} \sum_n \frac{q_n}{r_n} = 9 \times 10^9 \left[\frac{12 \times 10^{-9}}{0.02} - \frac{12 \times 10^{-9}}{0.12}\right]$$

$$V_b = 9 \times 10^9 [6 \times 10^{-7} - 1 \times 10^{-7}] = 4500V$$

لحساب الجهد عند النقطة c

$$V_c = \frac{1}{4\pi \in_\circ} \sum_n \frac{q_n}{r_n} = 9 \times 10^9 \left[\frac{12 \times 10^{-9}}{0.1} - \frac{12 \times 10^{-9}}{0.1}\right] = 0$$

طاقة الوضع لشحنة 4×10 c عند النقاط a,b,c

$$P.E = q\, V_a = 4 \times 10^{-9}(-900) = -36 \times 10^{-7} J$$

$$P.E = q\, V_b = 4 \times 10^{-9}(4500) = 1.8 \times 10^{-5} J$$

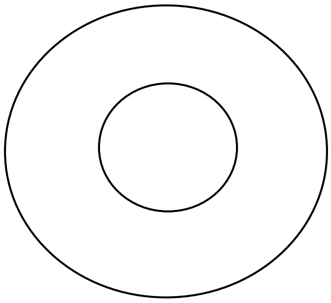
$$P.E = q\, V_c = 4 \times 10^{-9}(0) = 0$$

H.W

(1) شحنة نواة القصدير $+50e$ أحسب الجهد عند نقطة تبعد عنها $10\ m$ وكذا طاقة الوضع لبروتون عند هذه النقطة علما بان شحنة البرتون $+e = 1.6 \times 10^{-19} c$

(2) وضعت شحنة مقدارها $-20PC$ في إحدى أركان مستطيل أبعاده $3 \times 4\ cm$ وضعت في الركنين المجاورين شحنتان مقدار كل منهما $+10PC$ أحسب الجهد عند الركن الرابع

قانون جاوس



أفرض أن شحنة نقطية موضوعة في مركز سطح كروي

تخيلى نصف قطره R ومساحة سطحه $4\pi R^2$ وأن عدد

خطوط القوة الخارجة هىN إذا عدد الخطوط التي تخترق

وحدة المساحه هي $N/4\pi R^2$

إذا تخيلنا سطحا أخر نصف قطره$2R$ فإن عدد خطوط القوة التي تخترق وحدة المساحةهي

$$\frac{N}{16\pi R^2}$$

وهي تساوي ربع الكثافة على الكرة الأولى التي نصف قطرهاR ومنها نلاحظ ان

$$E \propto \frac{1}{R^2} \text{ بينما } A \propto R^2$$

إذا للكرة ذات نصف القطر R تكون شدة المجال عند سطحها

$$E = \frac{Kq}{R^2} \quad \& \ A = 4\pi R^2 \rightarrow EA = 4\pi Kq$$

ونلاحظ أنE مستغلة عن R

وهذا يصح لأي مساحة A فان EA لا يعتمد علي R ومجموعه يساوي$4\pi Kq$

$$\sum E\Delta A = 4\pi Kq$$

مع ملاحظة ان شدة المجال عمودية على عنصر المساحة وبصورة عامة تكتب

$$\sum E_{\perp}\Delta A = 4\pi Kq \rightarrow (*)$$

والمعادلة السابقة تنطبق على اي سطح كروي او غير كروي بشرط ان يكون السطح مقلقاوان يحتوى بداخلة شحنةq وفي حالة السطح غير الكروي E تمثل مركبة المجال العمودية على عنصر السطح

$$E_{\perp} = E\cos\theta$$

$$\sum E_{\perp}\Delta A = \sum E\Delta A \cos\theta = 4\pi K q$$

الفيض الكهربي($\emptyset$): عند جاوس

هو حاصل ضرب المركبة العمودية للمجال في المساحة

$$\emptyset = \sum E_{\perp}\Delta A = \sum E\Delta A \cos\theta = 4\pi K q$$

وبصورة عامة

$$\emptyset = 4\pi K \sum q$$

وهذه المعادلة تمثل الصورة التحليلية لقانون جاوس الذي ينص على:

((الفيض الكهربي خلال سطح مغلق يساوي مقدار ثابت($4\pi K$)) مضروبا في الشحنة الكلية داخل السطح المغلق)) وفي بعض الأحيان تستخدم السماحية (□ويكون قانون جاوس

$$\sum E_{\perp}\Delta A = \frac{q}{\epsilon}$$

وبتحويل المجموع إلى تكامل يكون عدد الخطوط الخارج من سطح مغلق لعدد من الشحنات

$$\oint E dA \cos\theta = \frac{1}{\epsilon}\sum q \rightarrow (*1)$$

وباستخدام قانون جاوس يمكن إثبات أن كثافة الفيض الكهربي تساوي المجال مضروبا في سماحية الفراغ. ويتوقف حساب شدة المجال باستخدام قانون جاوس على نوع السطح المغلق المناسب لتوزيع الشحنات وشكل المجالات ويراعى في اختيار سطح جاوس ما يأتي

(1) أن يمر السطح المغلق بالنقطة المراد حساب شدة المجال عندها

(2) أن يكون السطح المغلق متلائما مع توزع الشحنات وان يكون منتظما بقدر الإمكان

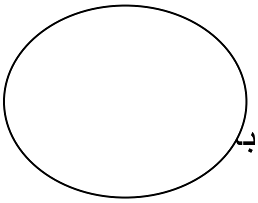
(3) أن تسقط خطوط القوى عموديا علي السطح أو موازية له أو تصنع معه زاوية ثابتة معلومة حتى يسهل حساب الفيض

(4) أن تكون شدة المجال ثابتة علي أجزاء السطح المختلفة

تطبيقات على قانون جاوس:

لكي تتضح فوائد قانون جاوس سوف ندرس شدة المجال الكهربي في بعض الحالات المعروفة بالمعادلة (1∗) :

(أ) شدة المجال الكهربي حول كره مشحونة:



الشكل يمثل كره شحنتها *q* فلحساب شدة المجال عند نقطة *b* خارج الكره.نفرض سطحا جاوسيا في الفراغ نصف قطره *r* ويمر بـ *b* وخطوط القوة تنبعث من مركز الكره عموديا على سطح الكره وتقطع سطح جاوس في اتجاه عمودي أيضا وبتطبيق بالمعادلة (1∗)

$$\int EdAcos\theta = \frac{q}{\epsilon_\circ}$$

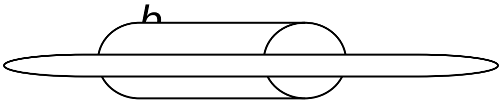
$$E\int_0^{4\pi r^2} dA = \frac{q}{\epsilon_\circ}$$

$$E[\,A\,]_0^{4\pi r^2} = \frac{q}{\epsilon_\circ} \rightarrow E(4\pi r^2) = \frac{q}{\epsilon_\circ}$$

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_\circ}\frac{q}{r^2}$$

(ب)المجال الناشئ عن سلك طويل مشحون:

وبتطبيق قانون جاوس يكون السطح الجاوسي في شكل اسطواني في شكل اسطواني (2πrb) حيث *b* تمثل طول الاسطوانة و *r* تمثل نصف قطر مساحة مقطعها وبما أن خطوط القوى عمودية على سطح جاوس فان المعادلة السابقة تصبح في الصورة



فإذا كانت λ شحنة وحدة الطول فان الطول *b* يحمل شحنة قدرها *b* λ وتصبح المعادلة السابقة

$$\int EdAcos\theta = \frac{q}{\epsilon_\circ}$$

$$E\int_{0}^{2\pi rb} dA = \frac{\lambda b}{\epsilon_\circ} \rightarrow E2\pi rb = \frac{\lambda b}{\epsilon_\circ} \rightarrow E = \frac{1}{2\pi\epsilon_\circ}\frac{\lambda}{r}$$

المكثفات

المكثف:

((عبارة عن لوحين معدنيين متوازيين مشحونين بشحنتين متساويتين في المقدار ومختلفتين في الإشارة بينهما فراغ أو مادة عازلة))

يرمز للمكثف في الدوائر الكهربية بالرمز ⊣⊢ ودائما تكون محصلة الشحنة الكلية على المكثف صفر ويتناسب كل من المجال الكهربي في المنطقة بين اللوحين وفرق الجهد بينهما مع مقدار إحدى الشحنتين

سعة المكثف:

((هي النسبة بين مقدار شحنة احد اللوحين وفرق الجهد بين طرفي اللوحين))

ومن قانون فرق الجهد إذا كان بين اللوحين فراغ

$$V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_\circ r}$$

ونجد أن V تتناسب طرديا مع الشحنة ولذلك إذا كانت r المسافة بين اللوحين ثابتة فان المقدار $4\pi\epsilon_\circ r$ يكون ثابت ويسمى بسعة المكثف ومنها نجدان

$$V = \frac{Q}{constant} = \frac{Q}{c}$$

$$C = \frac{Q}{V}$$

وتقاس سعة المكثف بـ 1F = 1 coulomb /1 volt

ميكروفاراد = 10^{-6} فاراد $\mu F = 10^{-6} F$

بيكوفاراد = 10^{-12} فاراد $\mu F = 10^{-12} F$

بعض أنواع المكثفات:

(1) المكثف ذو اللوحين المتوازيين :

يتكون من لوحين معدنيين متوازيين بينهما مسافة صغيرة d والمجال الكهربي بينهما منتظم ويتركز بين اللوحين

تعطى شدة المجال الكهربي بين اللوحين بالعلاقة

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_\circ} = \frac{Q}{\epsilon_\circ A}$$

حيث σ تمثل كثافة الشحنة السطحية و A مساحة احد اللوحين

وبما أن فرق الجهد بين اللوحين $V = Ed$

$$\rightarrow V = \frac{Qd}{\epsilon_\circ A} \quad \rightarrow \quad C = \frac{Q}{V} = \frac{Q \times \epsilon_\circ A}{Qd} = \frac{\epsilon_\circ A}{d}$$

ويعني ذلك أن سعة المكثف لا تعتمد على مقدار الشحنة

(2)المكثف الاسطواني

(3) المكثف الكروي

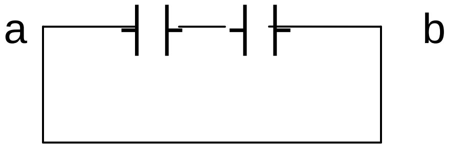
(4)المكثفات متغيرة السعة :

تتكون من مجموعتين من الألواح المعدنية المتوازية كل مجموعة متصلة كهربيا ببعضها .احد المجموعتين ثابت والأخر مركب على محور متحرك وبدورانه يمكن المجموعة الثانية أن تتحرك ألواحها خلال ألواح المجموعة الأولى (الثابتة)لتقليل أو زيادة المساحة A ويرمز للمكثفات المتغيرة بالرمز

توصيل المكثفات:

<u>أولا على التوالي</u> :

وبما أن فرق الجهد الكلي في دائرة التوالي يساوى مجموع فروق الجهد



$$V_{ab} = V_1 + V_2 = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} = Q\left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}\right)$$

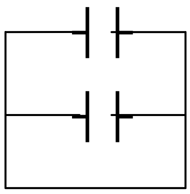
$$\frac{V}{Q} = \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}\right) \to \frac{1}{C} = \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}\right)$$

ولعدة مكثفات متصلة على التوالي تكون السعة الكلية

$$\frac{1}{C} = \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \cdots\right)$$

ثانيا التوصيل على التوازي:

في حالة التوصيل علي التوازي فرق الجهد يكون متساوي والشحنة الكلية مساوية لمجموع الشحنات



$$Q_1 = V_1\ C_1 \qquad \& \qquad Q_2 = V_2\ C_2$$

$$Q = Q_1 + Q_2 = V_1\ C_1 + V_2\ C_2$$

$$V = V_1 = V_2$$ لكن

$$\to Q = V(C_1 + C_2) \to \frac{Q}{V} = C_1 + C_2$$

$$C = C_1 + C_2$$

وفي حالة عدد من الشحنات تكون السعه

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \cdots$$

مثال(1):

مكثف لوحيه متوازيين والبعد بينهما $5 \times 10^{-3} m$ ومساحة اللوح $2\ m^2$ وفرق الجهد بينهما $10^{4} V$ احسب: (أ)سعة المكثف (ب) الشحنة على كل لوح (ج) شدة المجال بين اللوحين

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{\epsilon_\circ A}{d} = \frac{8.85 \times 10^{-12} \times 2}{5 \times 10^{-3}} = 3.54 \times 10^{-9} C^{2} N^{-1} m^{-1}$$

$$Q = C\,V = 3.54 \times 10^{-9} \times 10^{4} = 3.54 \times 10^{-5} C$$

إذا اللوح ذي الجهد الأعلى شحنته $3.54 \times 10^{-5} C$ واللوح ذي الجهد الأدنى شحنته -3.54×10^{-5}

$$E = \frac{V_{ab}}{d} = \frac{10^{4}}{5 \times 10^{-3}} = 2 \times 10^{6}\ V\,m^{-1}$$

مثال (2):

ما هي مساحة كل من لوحي مكثف البعد بين لوحيه المتوازيين 2 cm وسعته 1F ومملوء هواء

$$C = \frac{\epsilon_\circ A}{d} \rightarrow A = \frac{Cd}{\epsilon_\circ}$$

$$A = \frac{1 \times 2 \times 10^{-2}}{8.85 \times 10^{-12}} = \frac{20 \times 10^{9}}{8.85} m^{2} = 2250 (Km)^{2}$$

المكثف ذو اللوحين المتوازيين المملوء بمادة عاذلة:

لوحظ انه عندما تدخل ماده عاذلة على المكثف فان فرق الجهد بين اللوحين ينخفض وبالتالي فان سعة المكثف ترتفع ويلاحظ أن شحنة المكثف لا تتغير ويصبح قانون سعة المكثف ذو المادة العاذلة

$$C = \frac{\epsilon A}{d}$$

فسر فراداي هبوط الجهد بان المادة العاذلة تشحن طرفيها بالتأثير بشحنتين كهربيتين متساويتين في المقدار ومختلفتين في الإشارة بحيث تكون شحنة الطرف القريب من الشحنة

السالبة موجبا والقريب من الشحنة الموجبة سالبا’ ووجود شحنة سالبة بالقرب من اللوح الموجب تؤدى إلى خفض فعالية الشحنة الموجبة مما يتسبب في خفض جهد اللوح الموجب ويؤدي بدوره إلى خفض جهد المكثف عامة

استخدامات المكثفات:

(1) يستخدم كمخزن للطاقة الكهربية

(2) عملية التوليف في دوائر الرنين في الراديو وغيره

(3) إحداث شرارة الإشعال في السيارات

(4) توليد الموجات الكهرومغناطيسية

(5) دوائر التحكم في الزمن وغيره

الكهربية التيارية

تتحرك الالكترونات الحرة في داخل موصل كهربي معزول حركة عشوائية مما يجعل محصلة عدد الالكترونات التي تخترق مستوى ما يساوي صفرا لكن عندما تكتسب الالكترونات طاقة حرارية أو عند توصيل طرفي موصل ببطارية فان مجالا كهربيا ينشأ داخل الموصل ومقداره $E \;= V/L\;(v/m)$ حيث V هي فرق الجهد بين طرفي الموصل وL طول الموصل .والالكترونات تكتسب سرعة اخرى جديدة في عكس إتجاه المجال وهذه السرعة (V_d)واحدة لكل الالكترونات ولذلك فان عدد الالكترونات الحرة الذي يخترق مستوى معين يقطع الموصل في اتجاه عمودي على V_d أكبر من العدد الذي يخترقه عكس هذا الاتجاه أي يوجد عدد معين من الالكترونات ينساب في اتجاه عكس (E)ويعتمد هذا العدد على مقدار E ونوع الموصل من ناحية تركيبه البلوري ومقدار الشوائب التي بداخله ويقال في هذه الحالة أن تيارا كهربيا نشأ في الموصل وتنقسم المواد من حيث توصيلها الى ثلاثة أنواع موصلات ومواد عاذلة وأشباه موصلات أو رديئة التوصيل

التيار الكهربي:

((هو تيار الشحنات الموجبة الذي يسري من القطب الموجب للسالب))

على الرغم من أن التيار الذي يسري فعليا هو تيار الالكترونات واصطلح هذا التعريف لان خطوط القوة الكهربية تسري من الشحنة الموجبة إلى السالبة

شدة التيار (I) :

((وتساوي كمية الشحنة المارة عبر مقطع موصل معين في وحدة الزمن(الثانية))

ومن التعريف السابق نجدان $I \;=\; Q/t$

ووحدة شدة التيار هي الأمبير= 1فولت / اوم أو وحدتها كولوم / ثانية ويرمز لها بـــ A

$$A \;=\; \frac{V}{\Omega} \qquad \& \qquad A = \frac{C}{s}$$

<u>مثال</u>

يتحرك إلكترون ذرة الإيدروجين في مدار دائري نصف قطره $5.3 \times 10^{-11} m$بسرعة مقدارها 2.2×10^{16}m/s احسب تردده f والتيارفي المدار

الحل

$$f = \frac{v}{2\pi r} = \frac{2.2 \times 10^{16}}{2 \times 3.14 \times 5.3 \times 10^{-11}} = 6.6 \times 10^{15}\ Hz$$

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{Q}{1/f} = Qf = 1.6 \times 10^{-19} \times 6.6 \times 10^{15} = 1.06mA$$

فرق الجهد:

هو عبارة عن الشغل المبذول (W) لنقل وحدة الشحنات الموجبة(Q) بين نقطتين

$$V = \frac{\text{الشغل المبذول لنقل الشحنة}\ W}{\text{الشحنة المنقولة}\ Q}$$

ووحدة قياس فرق الجهد هي الفولت أو الجول/ كولوم

القوة الدافعة الكهربية:

((لأي مصدر كهربي هي الشغل المبذول على الشحنة لكي تتحرك خلال هذا المصدر))

حيث تكتسب الشحنة طاقة كهربية عندما تنتقل من منطقة الجهد الأدنى إلى منطقة الجهد الأعلى وهي تقاس بفرق الجهد بين طرفي المصدر عندما لا يوصل تيارا ووحدتها هي أيضا الفولت

ولذلك فرق الجهد لطرفي بطارية (أو الفولتيه) لمولد أو بطارية في حالة التفريغ يكون:

(1) في حالة التفريغ فرق الجهد الطرفي = القوة الدافعة الكهربية مطروحا منها الهبوط في الجهد أي أن

حيث r تمثل المقاومة الداخلية للبطارية $\qquad V = \epsilon - Ir$

(2) عند استقبال التيار (في حالة الشحن)

فرق الجهد الطرفي = القوة الدافعة الكهربية زايدا الهبوط في الجهد أي أن:

$$V = \epsilon + Ir$$

(3) عندما لا يمر تيار فرق الجهد الطرفي = القوة الدافعة الكهربية للمولد أو البطارية

كثافة التيار(J):

هي مقدار التيار المار عموديا على وحدة المساحات من مقطع الموصل $J = I/A$

وتقاس بـ أمبير/متر مربع

قانون أوم

وينص قانون أوم علي:

((التيار المار في موصل يتناسب طرديا مع فرق الجهد بين طرفيه بشرط ثبوت درجة الحرارة))

حيثR تمثل مقاومة الوصل $V \propto I \rightarrow V = RI$

و V تمثل فرق الجهد بين طرفيه و Iتمثل التيار

المقاومة:

هي المعاوقة التي تبديها مكونات الموصل للشحنة أثناء مرورها وهي تعتمد على طول الموصل ونوع مادته ودرجة الحرارة

وتقاس بالاوم ويرمز له بـ Ω أو تقاس بالوحدة المشتقة Volt/Ampere وهنالك نوعان من المقاومة:

(1) المقاومة الخطية :

أي انه توجد علاقة خطية بين فرق الجهد والتيار وفيها مقدار المقاومة يكون ثابتا

وجميع الموصلات تخضع لهذه العلاقة في قانون اوم السابق

(2) المقاومة غير الخطية:

وفيها المقاومة متغيره بتغير الجهد وذلك يكون في الموصلات غير المعدنية وأشباه الموصلات وأنابيب التفريغ وغيرها

المقاومة النوعية(ρ):

وهي خاصية لكل مادة على حدي هي مقاومة موصل طوله وحدة الطول (1متر) ومساحة مقطعه وحدة المساحة(متر مربع)

$$\rho = \frac{RA}{l} \quad \text{او تحسب بـ} \quad \rho = \frac{E}{J}$$

حيث J تمثل كثافة التيار و E تمثل شدة المجال الكهربي

وهناك علاقة بين المقاومة النوعية ودرجة الحرارة $R_t = R_\circ(I + \alpha t)$

حيث R تمثل المقاومة عند درجة حرارة t°C و $R_\circ$ المقاومة عند 0 °C و α المعامل الحراري لمقاومة مادة الموصل ووحدة α في النظام العالمي هي K^{-1}

<u>مثال (1)</u>

سلك من النحاس طوله 100m ومساحة مقطعه $2\ \text{cm}^2$ احسب مقاومته اذا علمت ان مقاومته النوعية $1.7 \times 10^{-8}\Omega,\text{m}$

الحل

$$R = \frac{\rho l}{A} = \frac{1.7 \times 10^{-8} \times 100}{(2 \times 10^{-4})} = \frac{1.7 \times 10^{-2}}{2} = 0.85 \times 10^{-2}\Omega$$

<u>مثال(2)</u>

بطارية قوتها الدافعة الكهربية $10V$ ومقاومتها الداخلية $r = 1$ تم توصيلها مع مقاومة $R = 4\Omega$ احسب (أ) التيار المار في الدائرة

(ب) الهبوط في الجهد عبر المقاومة الداخلية

(ج) الهبوط في الجهد عبر المقاومة R

(د) فرق الجهد بين طرفي البطارية

(ه) قراءة الفولتميتر الموصل عبر طرفي البطارية في الدائرة وهي مفتوحة

Solution

(أ) $$I = \frac{\epsilon}{r + R} = \frac{10}{1 + 4} = 2\,A$$

(ب) $$V_1 = Ir = 2 \times 1 = 2V$$

(ج) $$V_4 = IR = 2 \times 4 = 8\,V$$

(د) $V = \in - Ir = 10 - 2 \times 1 = 8V$

(ه) بفرض أن مقاومة الفولتميتر عالية لدرجة تسمح بإهمال التيار الذي تسحبه فان قراءة الفولتميتر في دائرة مفتوحة تعطي القوة الدافعة الكهربية للبطارية أي تساوي $10\ V$

مثال (3):

مركم قوته الدافعة الكهربية $20\ V$ ومقاومته الداخلية 0.1Ω يراد شحنه من مصدر $110\ V$ ما هي المقاومة الخارجية التي يجب توصيلها على التوالي مع المركم لكي تحدد تيار الشحن عند $15A$

الحل

$$V = \in + Ir + IR = 15 \times 0.1 + 20 + 15R$$

$$110 = 21.5 + 15R \rightarrow 88.5 = 15R \rightarrow R = 5.9\ \Omega$$

توصيل المقاومات

(1)التوصيل على التوالي:

أ/ المقاومة تكون $R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots\dots R_n$

تكون المقاومة الكلية المكافئة اكبر من اكبر مقاومة (وهي احدي عيوب التوصيل على التوالي)

ب/ التيار يكون متساوي في كل أجزاء الدائرة أي أن $I_n = I_1 = I_2 = I$

ج/فرق الجهد وفقا لقانون اوم للدائرة الكاملة يساوي مجموع فروق الجهد لجميع المقاومات

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots\dots V_n$$

(2)التوصيل علي التوازي:

أ/ فرق الجهد يكون ثابت في كل أطراف الدائرة (أو في كل المقاومات)

ب/ والتيار يكون مساوي لمجموع التيارات في المقاومات $= I_1 + I_2 + I_3 + \cdots\dots + I_n$

ج/ أما المقاومة الكلية المكافئة تحسب بالعلاقة

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \cdots\dots + I_n$$

$$\frac{V}{R} = \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3} + \cdots\dots + \frac{V_n}{R_n}$$

ولكن $V = V_1 = V_2 = V_3 = V_n$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \cdots\dots + \frac{1}{R_n}$$

قيم التيار في الأفرع يتناسب عكسيا مع مقاومات هذه الأفرع

<u>**مثال(3):**</u>

وصلت مقاومتان 3Ω & 6Ω على التوازي ثم وصلت المقاومتان مع بطارية قوتها الدافعه $8\ V$ ومقاومتها الداخلية 2Ω جد شدة التيار المار في الدائرة وفي كل مقاومة وكذلك فرق الجهد بين طرفي البطارية

أولا : نحسب المقاومة الكلية المكافئة للتوازي (وهي تمثل المقاومة الخارجية)

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{3} + \frac{1}{6} \rightarrow \frac{1}{R} = \frac{2+1}{6} \rightarrow R = 2$$

$$V = Ir + IR$$

$$I = \frac{V}{R+r} = \frac{8}{2+2} = 2A$$

H .W

(1) وصلت مقاومتان على التوازي 5Ω & Ω 20 ثم وصلت مقاومة 6Ω معهما على التوالي فاذا كان فرق الجهد الكلي $20V$ جد شدة التيار الكلي وجد فرق الجهد في كل مقاومة

(2) احسب المقاومة الداخلية لمولد كهربي قوته ألدافعه الكهربية $120V$ وفرق الجهدبين طرفيه $110V$

عندما يعطي تيار $20A$ ((الجواب$0.5\ \Omega$))

(3) مقاومتان 12Ω ' 2.4Ω موصلتان علي التوالي بطرفي مولد كهربي مقاومته الداخلية 0.6Ωويعطي قوة دافعة كهربية $75\ V$ جد

أ/ التيار المار في الدائرة

ب/ الهبوط في الجهد عبر المقاومة 2.4Ω

ج/ الهبوط في الجهد عبر المقاومة 12Ω

د/ فرق الجهد بين طرفي المولد في حالة مرور التيار

ه/ قراءة الفولتميتر عبر طرفي المولد في حالة تكون الدائرة مفتوحة

المجالات المغنطيسية للتيار الكهربي

درست الظاهرة المغنطيسية على أنها ظاهرة مستغلة عن التأثيرات الكهربية وعلى أنها خاصة من الخواص التي تتمتع بها بعض المواد الحديدية لكن بعد تجربة اورستد تغيرت هذه المفاهيم حيث برهن بالتجربة أن الإبرة المغنطيسية تنحرف إذا ما اقتربت من سلك يمر به تيار . بعد هذا الاكتشاف تم معرفة أن المجالات المغنطيسية تحدث نتيجة لسريان التيار حتى بالنسبة للمغنطيس الدائم لان فيه تيارات صغيرة سببها حركة داخل ذرات المادة ويمكن أن نفهم الخواص المغنطيسية كما درسنا المجال والجهد الكهربي

الفيض المغنطيسي:(ϕ)

هو عدد الخطوط التي تنفذ من خلال سطح مقداره S

كثافة الفيض المغنطيسي(B) :

هي الفيض المغنطيسي الذي يمر عموديا على سطح مساحته وحدة المساحة $B = {}^{\phi}/_{S}$

$$B = \frac{d\emptyset}{dS} \rightarrow d\emptyset = B.dS \rightarrow \emptyset = \int B.dS$$

ووحدة قياسها تسلا = ويبر/ متر مربع

وأيضا هناك علاقة بين المجال المغنطيسي وكثافة الفيض المغنطيسي $B = \mu_{\circ} H$

وهي تشبه علاقة المجال الكهربي بكثافة الفيض الكهربي $D = \epsilon_{\circ} E$

المجال المغنطيسي في سلك طويل مستقيم مشحون:

وهنا كثافة الفيض عند نقطة تبعد عموديا مسافة r تتناسب فيه طرديا مع شدة التيار المار فيه وعكسيا مع المسافة rالتي تبعدها النقطة

$$B = \frac{\mu_{\circ} I}{2\pi r}$$

القوة المؤثرة على سلك يحمل تيارا في مجال مغنطيسي:

وهذه القوة تزيد بزيادة كثافة الفيض المغنطيسي وطول الموصل والتيار المار في الموصل

$$F = B\,I\,L$$

لقد تمت الاستفادة من القوة الموجودة في سلك يحمل تيارا في تصميم المحركات الكهربية والتي تدور بمرور التيار الكهربي فيها وغيرها

القوة المؤثرة علي شحنة متحركة في مجال مغنطيسي:

مما سبق عرفنا أن المجال المغنطيسي يؤثر على سلك يحمل تيارا بقوة عمودية على اتجاه المجال والتيار وهذا التيار حقيقة هو تيار الالكتروني ويمكن حساب القوة المؤثرة على الإلكترون الواحد ومشحون بشحنةe بالعلاقة التالية

$$F = B\,v\,e$$

قانون بيوت وسافارت:

بعد اكتشاف اورستد أن التيار المار يولد مجالات مغنطيسية استفاد بيوت وسافارت و أمبير من وضع علاقات تجريبية كثيرة منها علاقة كثافة الفيض المغنطيسي وغيرها

إذا كان لدينا عنصرا من سلك متناهي الصغر(dL) ويحمل تيارا (I) فان عنصر كثافة الفيض المغنطيسي (dB) عند نقطة تبعد r يتناسب تناسبا طرديا مع التيار وعنصر الطول dl, $sin\theta$ وعكسيا مع مربع المسافة الواقعة بين النقطة و dL

$$dB\ \alpha \frac{Idl\ \sin\theta}{r^2} \rightarrow dB = \frac{K_m\ Idl\sin\theta}{r^2} = \frac{K_m\ I\,\overrightarrow{dl}\times\vec{r}}{r^2}$$

وهذه النتيجة قد استنتجت تجريبيا (معمليا) وتسمى بقانون بيوت وسافارت

أما K تمثل ثابت التناسب (المغنطيسية) وقيمته في النظام العالمي (SI)

$$K = \frac{\mu_\circ}{4\pi} = 10^{-7}\frac{wb}{A.m} \rightarrow \mu = 4\pi\times10^{-7}\frac{wb}{A.m}$$

ولكي نحسب كثافة الفيض(الحث) الكلية لدائرة مغلقة عند نقطة p يؤخذ تكامل المقدار السابق

$$B = \frac{\mu_\circ}{4\pi}\oint\frac{I\,\overrightarrow{dl}\times\vec{r}}{r^2}$$

وبالتجربة عرف أن المجال المغنطيسي حول موصل مستقيم يمر به تيار كهربي وبواسطة إبرة مغنطيسية صغيرة نجد أن خطوط القوة المغنطيسية المحيطة بالموصل عبارة عن دوائر مغلقة مركزها السلك (الموصل) نفسه وفي مستوى عمودي عليه واتجاهها بقاعدة

اليد اليمنى لأمبير إذا كانت هناك مجالات مغنطيسية نابعة عن عدة تيارات فانه يمكن جمعها جمعا اتجاهيا للحصول على محصلة المجالات

ويمكن تطبيق القانون السابق في حالة سلك مستقيم يحمل تيار وتكون كثافة الفيض كالأتي

$$B = \frac{\mu_\circ}{4\pi} \oint \frac{I\, \overrightarrow{dl} \times \vec{r}}{r^2}$$

في استخدام قانون بيوت وسافارت يقسم السلك الطويل إلى أجزاء صغيرة جدا (dx)وتكون كثافة الفيض الكلية الناتجة عن التكامل

$$B = \frac{\mu_\circ}{4\pi} \oint \frac{I\, \overrightarrow{dx} \sin\theta}{r^2}$$

فإذا استعملت الإحداثيات الكارتيزية لتحديد اتجاه عنصر كثافة الفيض بحيث يقع I على محور x وتقع p على محور z عندها dB يقع على المستوى yz ويأخذ الاتجاه العمودي الذي يقع فيه كل من dx, r ومماس لخط القوة c ويمكن تحويل المتغيرات في المسالة كما يلي

$$r = a\cos\theta \;\; \& \;\; \tan\theta = {}^{a}\!/_{x} \;\; \rightarrow x = a\cot\theta \;\; \rightarrow dx = -a\csc^2\theta$$

$$\rightarrow B = -\frac{\mu_\circ}{4\pi}\frac{I}{a}\int_{\alpha}^{\gamma} \sin\theta d\theta = K_m \frac{I}{a}[\cos\theta]_{\alpha}^{\gamma}$$

$$= K_m \frac{I}{a}\,(\cos\gamma - \cos\alpha)$$

فإذا كان السلك طويل جدا مقارنة بالمسافة ولم تكن النقطة p قريبة من طرفي السلك عندها

$$\gamma = 0 \;\&\;\; \alpha = \pi \;\rightarrow\; B = 2K_m \frac{I}{a} = \frac{\mu_\circ I}{2\pi a}$$

وهي نفس العلاقة المستنتجة سابقا لكثافة المجال المغنطيسي لسلك مستقيم يحمل تيارا

ويمكن تطبيق قانون بيوت وسافارت علي أشكال حاملات شحنة كثيرة

قانون أمبير:

بعد اكتشاف اورستد ((أن التيار المار يولد مجالات مغنطيسية)) استفاد أمبير من وضع علاقات تجريبية كثيرة منها احد قوانينه الذي ينص على أن: ((التكامل الخطي للمركبة المماسية لشدة المجال المغنطيسي حول مسار مغلق يساوي التيار المحصور بهذا المسار)) $\oint H.dl \;=\; I$ ((أو أن التكامل للحث (كثافة الفيض) المغنطيسي حول مسار مغلق يساوي مجموع التيارات داخل هذا المجال مضروبا في النفاذية المغنطيسية للفراغ))

$$\oint B.dl \;=\; \mu_{\circ \sum I}$$

<u>مثال (1):</u> احسب كثافة الفيض المغنطيسي عند نقطة تبعد مسافة $5cm$ من سلك طويل مستقيم يحمل تيارا شدته $15\ A$

الحل

$$B = \frac{\mu_\circ I}{2\pi r} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 15}{2\pi \times 0.05} = 6 \times 10^{-5}\ T$$

المجال المغنطيسي لملف حلزوني وملف حلقي :

اعتبر ملفا حلزونيا طويل عدد لفاته N من سلك طوله L ويحمل تيارا I فان كثافة الفيض المغنطيسي عند اي نقطة بالداخل

$$B \;=\; \frac{\mu_\circ NI}{L}$$

إذا كان الملف الحلزوني على شكل حلقة يظل القانون صحيحا على ان تكون L مساوية لمتوسط محيط الملف الحلقي ويوجد المجال الغنطيسي باسره داخل الملف الحلقي

القوة بين موصلين متوازيين :

اعتبر سلكيين متوازيين يحملان تيار $I_1\ ,\ I_2$ على بعد r من بعضهما لمسافة L اذا كثافة الفيض المغنطيسي عند نقطة تبعد r من السلك الذي يحمل تيار I_1 هي

$$B = \frac{\mu_\circ I_1}{2\pi r}$$

والقوة المؤثرة علي السلك الأخر الذي يحمل تيارا I_1 في هذا المجال $F \;=\; BI_2L$

$$F \;=\; BI_2L = \left(\frac{\mu_\circ I_1}{2\pi r}\right) I_2L = \frac{\mu_\circ I_1 I_2 L}{2\pi r}$$